



ESTUDO DA DINÂMICA DE PERCOLAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO - GOUVEIA, MINAS GERAIS, BRASIL

Maíra Lopes Nogueira

*Mestre em Análise Ambiental pelo IGC/UFMG - Rua Arthur Itabirano, 174/301 - CEP: 31.275-020,
Belo Horizonte/MG e-mail: nogueira_ml@yahoo.com.br*

Cristina H. R. R. Augustin

*Professora - Departamento de Geografia - IGC/UFMG - IGC/UFMG - Av. Antônio Carlos, 6.627 - CEP: 31.270-901,
Belo Horizonte/MG - e-mail: chaugustin@hotmail.com*

Paulo Roberto A. Aranha

*Professor - Departamento de Geologia - IGC/UFMG - IGC - Av. Antônio Carlos, 6.627,
Belo Horizonte/MG - e-mail: aranha@jgc.ufmg.br*

Resumo

Este estudo tem por objetivo obter e analisar informações mais precisas sobre a dinâmica subsuperficial da água de infiltração em solos de parcelas experimentais. Este tema se reveste de grande importância quando correlacionado a outros dados, dentre eles a forma da vertente, a microtopografia, características do solo, entre outros. A capacidade de infiltração tem grande importância devido a sua influência nos processos erosivos de vertente e na capacidade do solo de manter a cobertura vegetal, por exemplo. A pesquisa foi desenvolvida no município de Gouveia, Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil, em uma vertente suavemente ondulada na margem esquerda de um córrego de terceira ordem. Na alta vertente ocorre o Cambissolo e na média, o Latossolo. Os experimentos foram realizados sob diferentes condições iniciais de umidade: no início e no fim de um período chuvoso. A metodologia envolveu três etapas principais: 1 - aplicação no solo de uma solução aquosa traçadora, constituída por água e corante Brilliant Blue FCF; 2 - abertura de perfis de solo para observação do traçador e 3 - coleta e análise de dados de solo. A visualização do movimento da água em subsuperfície por meio do traçador azul foi feita em perfis abertos no solo cinco semanas após a injeção da solução. Os perfis foram abertos tanto perpendicular quanto paralelamente ao escoamento esperado do fluxo na vertente. Os resultados demonstram clara diferença no modo como a água infiltra nos dois diferentes tipos de solos estudados, revelando também a inquestionável influência da forma da vertente e também a eficácia da metodologia empregada para esses estudos.

Palavras-chave: Vertente, solos; infiltração da água; percolação da água; traçador colorimétrico.

Abstract

This study aims to obtain and analyze more precisely, information about sub superficial water dynamics in soil profiles. Infiltration capacity of soils is an important subject due to its influence on slope processes of erosion and on soil capacity of maintaining vegetation cover, for instance. In the present research, infiltration speed and the form that infiltration front assumes are correlated to other data, such as slope shape, surficial micro-forms, soil characteristics, among others. The field work was carried out in Gouveia, Minas Gerais State, Brazil, on a gentle undulating slope at the left margin of third order stream. On the upper slopes occurs Cambisol, while on the middle slopes the Oxisol. The experiments were carried out under different initial conditions of humidity: at the end of rainy and of dry season. The methodology evolved three main steps: 1 - injection of a water and dye tracer Brilliant Blue FCF solution on the soil; 2 - digging soil holes for observation of the tracer, and 3 - physical and chemical analysis of soil samples. The visualization of the subsurface water movement by the blue tracer was

made at vertical soil sections five weeks after the injection of the tracer solution. The vertical soil sections were prepared perpendicular as well as parallel to the expected flow on the slope. The results demonstrate clear differences in the way water infiltrates in the two types of soil, revealing also undoubtedly influence of slope form, besides the efficiency of the employed methodology for this type of research.

Keywords: Groundwater; tropical soils; slope form; dye tracer.

Introdução

Este estudo foi desenvolvido em Gouveia, município localizado na porção meridional da Serra do Espinhaço, em Minas Gerais. Os projetos de pesquisa conduzidos na área desde a década de 1980 têm como eixo principal os estudos sobre a dinâmica cenozoica do relevo, para a qual se tornam fundamentais as investigações de escala de detalhe, como base para o entendimento dos mecanismos que levam à elaboração atual da paisagem da área. Nesta escala, uma das temáticas mais investigadas em Gouveia é a erosão provocada pela água de chuva, que constitui um dos processos mais importantes no reafeiçoamento (*reshaping*) das vertentes (AUGUSTIN, 1995a, b).

A hipótese que se buscou comprovar foi a de que, uma vez infiltrada, a água passa a ser fortemente influenciada pelos elementos estruturais dos solos. Enquanto na superfície, como ressaltam os trabalhos de De Ploey *et al.* (1980), Thurler *et al.* (1996), Weiler (2001), Portilho (2003), Marchioro *et al.* (2004), Kim *et al.* (2004) e Morais (2007), o fluxo da água varia com relação a volume, velocidade, direção e profundidade em resposta, além daquelas relacionadas às propriedades do solo, à litologia, à vegetação, à pluviosidade, à declividade e à forma da vertente, ainda há questões em aberto no que se refere à forma da penetração e aos movimentos de percolação da água em condições de subsuperfície. O comportamento sub-superficial da água é considerado dinâmico, pois envolve a entrada e saída de água no solo, sua movimentação no perfil e velocidade de infiltração. Ademais, essas características possuem variabilidade tanto vertical quanto lateral, bem como em profundidade, podendo ser analisadas tridimensionalmente (PETERSEN *et al.*, 2001).

Essa movimentação sofre, em grande parte, influência de elementos geomorfológicos, tais como: convexidade, concavidade e retilinidade da vertente, microformas, solos e a própria hidrologia do perfil, inerentemente integrados à própria vertente (KIM *et al.*, 2004). Eles têm efeitos imediatos também sobre a evolução dos solos, sobre o tipo e a intensidade dos processos associados ao escoamento da água, sejam eles erosivos, sejam de movimentos de massa (AUGUSTIN, 1995a). Assim, a conformação superficial da encosta não só influencia a infiltração, como também é influenciada por ela, resultando em maior ou menor disponibilidade de água superficial. Essa disponibilidade hídrica na vertente, por sua vez, é um dos mais fortes elementos que participam dos processos de reafeiçoamento do relevo.

Características da área de estudo

O município de Gouveia localiza-se no Alto Vale do Jequitinhonha, na porção meridional da Serra do Espinhaço. A cidade dista cerca de 250km a norte de Belo Horizonte e 30km a sul da histórica cidade de Diamantina e seu acesso principal é feito pela BR 259 (Figura 1).

O clima da região de Gouveia é influenciado pela presença da Serra do Espinhaço e pode ser classificado como Tropical Subúmido (GOUVEIA, 2002) com duas estações bem definidas: verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco. A precipitação média anual varia em torno de 1.400mm e concentra-se essencialmente de outubro a março.

A vegetação original predominante no município é o Cerrado, que se encontra degradado em função das atividades agropecuárias, com a substituição das espécies nativas por pastagens (AUGUSTIN, 1995a).

A região de Gouveia é marcada pela exposição do embasamento cristalino, numa faixa de direção N/S, denominada Depressão de Gouveia. As rochas granito-gnáissicas do embasamento arqueano - Complexo Gouveia - foram expostas pela erosão nesta localidade e se apresentam bastante alteradas, formando saprolitos profundos. Esta depressão é bordejada predominantemente por escarpas de xistos e quartzitos do Supergrupo Espinhaço, onde ocorrem diques e soleiras de rochas metabásicas (AUGUSTIN, 1995a).

A maior parte da área drenada pela Bacia do Córrego do Quebra, que se encontra na porção N/NW da Depressão de Gouveia, tem como substrato rochoso o Complexo Granítico de Gouveia. Nesta área ocorre uma predominância de colinas de topos achatados, longos, encostas côncavo-convexas suaves, pouco entalhadas, mas com a presença de feições de anfiteatros e de voçorocas (AUGUSTIN, 1995a, b).

De acordo com estudos de Augustin (1995a) e mapeamento pedológico realizado por Diniz (2002) na Bacia do Ribeirão do Chiqueiro, da qual o Córrego do Quebra é afluente, ocorrem nesta área três classes de solo: Latossolos, Cambissolos e Neossolos. De acordo com esses autores, há um padrão de distribuição espacial desses solos ao longo das vertentes, com o Latossolo ocorrendo preferencialmente nos topos e altas vertentes e o Cambissolo nas meias e baixas vertentes.

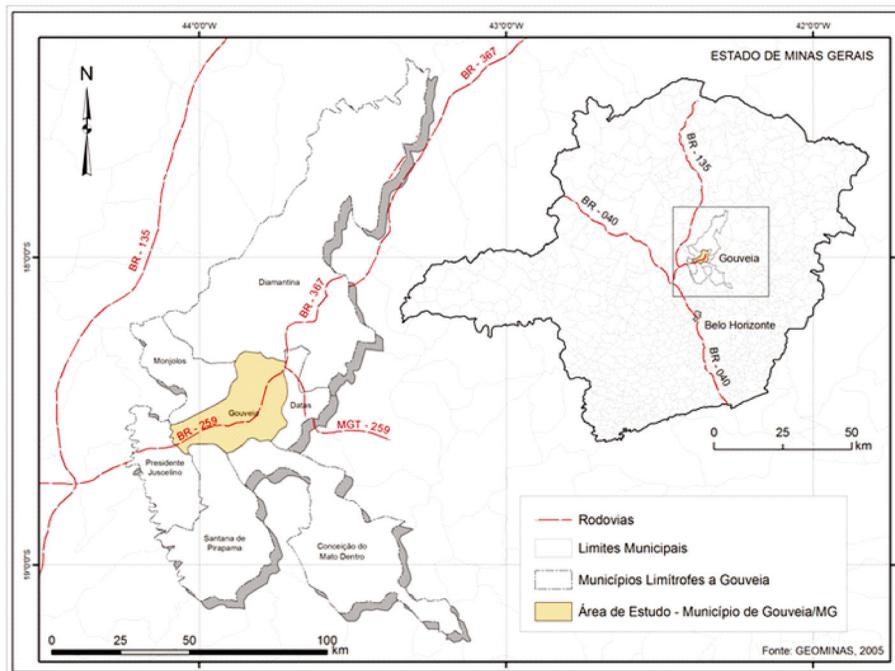


Figura 1 - Localização da área de estudo.

As parcelas de amostragem deste estudo encontram-se em uma vertente da margem esquerda do córrego do Quebra, situado na zona rural de Gouveia, a aproximadamente 6km da sede municipal. A vertente tem declividade média de 6° e de comprimento 700 metros. Uma parcela encontra-se na porção superior da vertente, que se apresenta ligeiramente convexa, e a outra parcela na porção mediana, de conformação côncava.

Metodologia

A vertente da margem esquerda do Córrego do Quebra foi escolhida para esta pesquisa porque ela se mostrou, ao longo de anos de pesquisa na região, como uma das que apresentam características geomorfológicas mais representativas: drenagens de pequena ordem, vertentes com topos longos, aplainados, formas predominantemente convexas a planares, e declividade médias em torno de 8° a 10°, substrato de granito-gnaise, e xisto altamente cisalhados e ocorrência de Latossolos, em geral com alto grau de lixiviação, e de Cambissolos e vegetação de Cerrado, em grande parte substituída por pastagem (AUGUSTIN, 1995a).

Foram definidas e preparadas duas parcelas de estudo, uma na alta e outra na porção média da vertente. A implantação das parcelas, inicialmente realizada por Marchioro (2002), corresponde aos segmentos centrais dos sítios geomorfológicos que consistem, segundo Augustin (1979), em unidades da vertente que apresentam suficiente uniformidade geomorfológica para não apresentarem

diferenças estatísticas relevantes de suas características: forma, declividade, solo, cobertura vegetal e são identificadas no campo por rupturas de declive.

A amostragem foi realizada no início e no final do período chuvoso entre os anos de 2006 e 2007. O modelo de amostragem em duas estações do ano foi idealizado tendo em vista que tanto a dinâmica da água de superfície, quanto de percolação tende a ser alterada ao longo do ano, em função da sua maior ou menor disponibilidade durante o ano (KUBIËNA, 1986). Isto foi comprovado, na área, por estudos realizados por Marchioro (2002), Marchioro *et al.* (2004), Portilho (2003) e Barbosa (2004), que observaram aumento nas taxas erosivas logo após o início das chuvas e decréscimo após o crescimento do estrato graminoso. A cobertura vegetal, de acordo com Marchioro *et al.* (*op. cit.*), responde por até 70% de diminuição das taxas erosivas em parcelas experimentais alocadas na vertente estudada, o que também induz a infiltração.

No início do período chuvoso, foram montadas duas estações experimentais em forma de cruz, uma na parcela da alta e outra na parcela da média vertente. Ao final do período chuvoso, outras duas estações foram montadas na alta e na média vertente, ao lado das estações anteriores, totalizando quatro estações em cruz (Figura 2).

Cada estação em cruz permitiu a delimitação de uma área através de uma estrutura de madeira, com as dimensões de dois metros de extensão, do centro da cruz à extremidade de cada braço, somando, portanto, quatro metros de uma ponta à outra. Assim, têm-se dois segmen-

tos de 4m x 0,20m que se cruzam no centro, gerando uma área interna de 1,56m² (Figura 2). O objetivo deste formato foi o de se obter melhores resultados sobre a direção

preferencial do fluxo subsuperficial da água, com a coleta de dados tanto no sentido do escoamento preferencial da vertente, quanto paralelamente a este sentido.



Figura 2 - Uma das quatro estações em cruz montada com a estrutura em madeira (com o líquido traçador aplicado), montadas na alta e meia vertente em uma bacia de terceira ordem, em Gouveia/MG.

Em cada período analisado, dentro da área de cada cruz, aplicou-se uma solução traçadora colorimétrica, que consistiu de 4,25g/l do corante azul *Brilliant Blue FCF* diluídos em 110 litros d'água (a concentração utilizada foi muito próxima dos 4g/l utilizados nas pesquisas de Petersen *et al.* (2001) e Morais (2007), e dos 5 g/l utilizados por Kim *et al.* (2004), entre outras. A quantidade de água aplicada por área representa o valor pluviométrico médio dos meses em que se executou o ensaio, e foi aplicada por meio de um regador manual, conforme proposição de Flury *et al.* (1994).

Cinco semanas após a aplicação da solução traçadora nas estações em cruz, foram abertas trincheiras, para que a pluma colorida no perfil do solo fosse observada. A abertura dos perfis, com 1m de profundidade cada, foi iniciada nas extremidades de dois braços de cada cruz, conforme demonstrado na Figura 3. Os cortes foram feitos com aproximadamente 20cm de distância um do outro, proporcionando 12 perfis em cada sentido das quatro cruces, num total de 24 perfis, correspondendo a duas cruces do início do período chuvoso e duas do final do período chuvoso.

Para possibilitar a observação das características dos solos, bem como a coleta de amostras, foi aberta uma trincheira na alta e outra na média vertente, seguindo o mesmo

alinhamento das cruces, mas em área não tingida pelo colorímetro. A análise dos solos incluiu sua descrição em campo e a coleta de amostras nos principais horizontes, de acordo com procedimentos descritos por Lemos (1984) e EMBRAPA (1997), enquanto a análise da cobertura de superfície seguiu procedimentos descritos por Augustin (1995a). As análises texturais dos solos foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia-IGC-UFMG, de acordo com o método da Pipetagem (EMBRAPA, 1997).

Resultados e discussões

A injeção da solução traçadora nas estações experimentais da alta vertente apresentou significativo grau de escoamento superficial e empoçamento em ambos os períodos analisados. Nas estações experimentais da média vertente, a aplicação foi bastante rápida no início do período chuvoso, sem apresentar nenhum empoçamento. No entanto, no período seguinte, o processo de empoçamento na superfície foi mais evidente. Estas diferenças se devem à porcentagem de cobertura do solo por capa argilo-siltosa, maior na alta porção da vertente. Esta cobertura, que causa o selamento da superfície e impede que boa parte da água infiltre, teve seus percentuais aumentados ao final do período chuvoso.

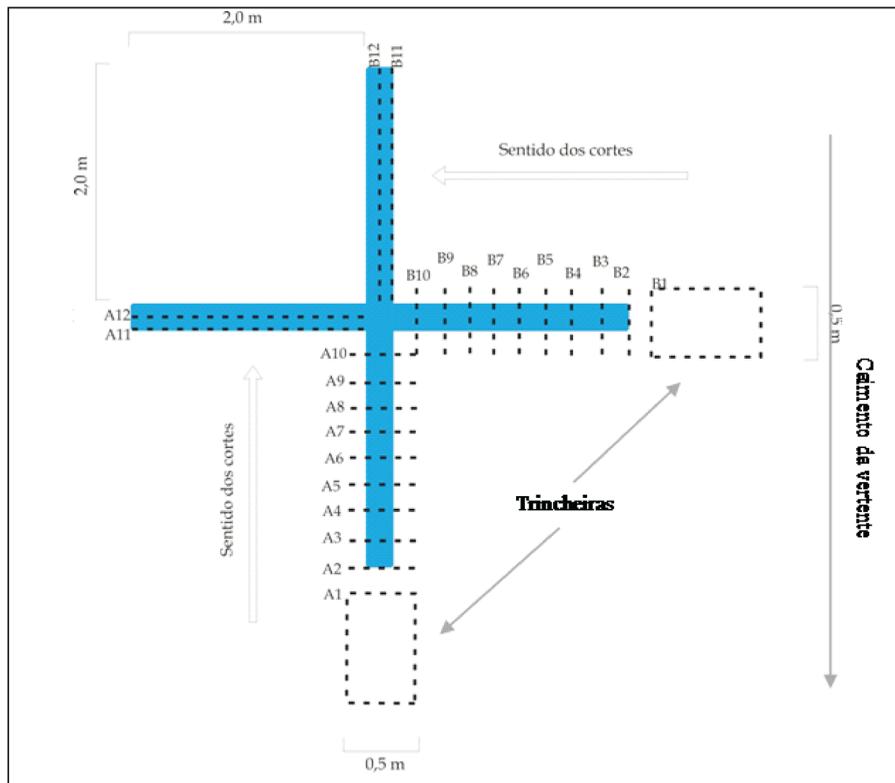


Figura 3 - Esquema representativo dos cortes de perfil de solo, mostrando a seqüência dos cortes com relação ao alinhamento dos mesmos em relação à cruz, bem com a posição das trincheiras.

Na abertura das trincheiras da alta vertente, no início do período chuvoso, a profundidade máxima alcançada pela solução traçadora foi de 31cm, enquanto nas trincheiras do final do período chuvoso a profundidade máxima foi de 73cm. Na média vertente, a profundidade máxima alcançada pela

solução traçadora foi de 41cm no início do período chuvoso e de 46cm no final do período. As plumas dos perfis no Cambissolo da alta vertente se apresentaram de modo mais heterogêneo e desordenado, enquanto que, na média vertente, a pluma indica uma percolação mais homogênea através do Latossolo, como pode ser observado na Figura 4.

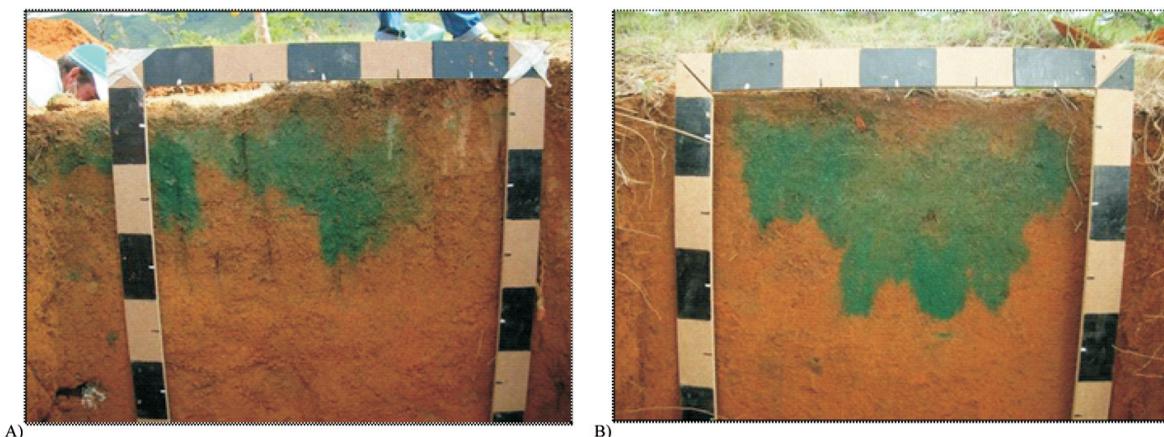


Figura 4 - Perfil da alta vertente, onde se nota:

- a) Uma percolação mais desordenada da solução traçadora (em azul);
- b) Perfil da média vertente, onde se nota uma melhor delimitação da solução (em azul).

Em ambos os períodos chuvosos, tanto nos perfis paralelos, quanto nos perfis perpendiculares, ocorreu uma concentração da pluma no lado correspondente ao sentido do caimento da vertente, como pode ser visto nos perfis B1, B3, B5 e B7 a B10 da Figura 4. Esse fato reforça o argumento de que a forma da vertente tem grande influência sobre a forma

e direção do movimento da percolação da água, tendo sido especialmente notado na alta vertente, onde a declividade é mais acentuada pela convexidade do relevo. Esta constatação corrobora os resultados de Fernandes (1990), quando este constata que os fluxos subsuperficiais também obedecem à morfometria da vertente.

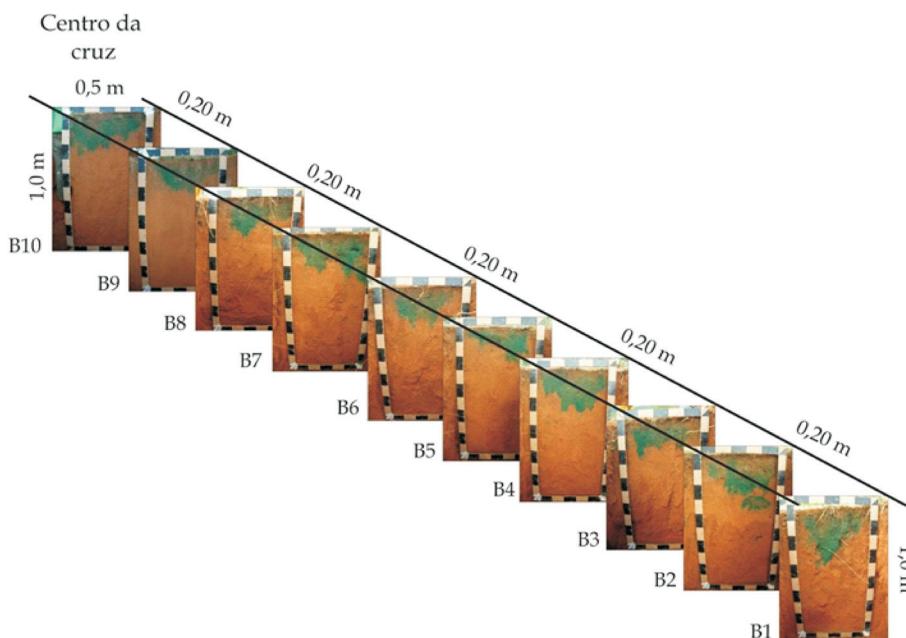


Figura 5 - Esquema representativo da união dos perfis (média vertente, braço direito da cruz), no qual é possível observar a variação da infiltração da solução traçadora (azul), ao longo do perfil do solo.

O solo da alta vertente, classificado como Cambissolo por Augustin (1995a) e Diniz (2002), apresenta moderado grau de desenvolvimento de seus atributos morfológicos e horizonte B incipiente. Esse solo contém altos teores de areia e silte (Tabela 1) e porosidade estrutural significativa, o que lhe confere boa percolação da água no perfil. Pode-se inferir que a água passa mais rapidamente pelos horizontes A e AB, que têm poros maiores e agregação incipiente, e que tenha diminuído o ritmo de percolação no horizonte Bi, que apresenta menor porosidade e é menos estruturado, concordando

com os resultados de Custodio *et al.* (1976), que associam a infiltração rápida da água de percolação à existência de boa estruturação do solo.

Em alguns perfis, foi possível verificar que a pluma (solução traçadora) se comportou de modo concordante com o afloramento rochoso existente a pouca profundidade na alta vertente, indicando que ainda existem estruturas pedológicas oriundas da rocha matriz que interferem nos padrões de percolação da água.

Tabela 1 – Análise granulométrica do solo da alta vertente, Córrego do Quebra, Gouveia/MG

		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
CAMBISSOLO	Alta Vertente			
	Hor. A: 0-8 cm	53,31	23,13	23,56
	Hor. AB: 8-25 cm	43,66	25,59	30,75
	Hor. Bi: 25-37 cm	37,60	32,00	30,40
	Hor. C: 37-100 cm+	32,00	29,28	38,72

O solo da média vertente, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, apresenta elevado grau de desenvolvimento de seus atributos morfológicos, denotado pela presença dos espessos horizontes Bw (Tabela 2), que alcançam profundidades superiores a um metro, sem que tenham sido encontrados indícios de horizonte C. Nesse solo, os poros estruturais menores são determinantes na percolação da água e pode-se assumir que a água passa

mais livremente pelo horizonte A, mas que é em parte retida no horizonte AB, que possui poros menores. Essa menor porosidade associada aos maiores teores de argila resulta em alta retenção da água por capilaridade e adsorção (TSYTOVICH, 1986). Provavelmente, ao atingir o horizonte Bw₁ a água tende a retomar uma percolação mais eficiente, uma vez que este horizonte apresenta poros maiores e boa estrutura.

Tabela 2 - Análise granulométrica do solo da média vertente, Córrego do Quebra, Gouveia/MG

LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
	Média Vertente			
	Hor. A: 0-16 cm	46,30	23,80	29,90
	Hor. AB: 16-29 cm	43,30	21,80	34,90
	Hor. Bw1: 29-78 cm	37,60	20,30	42,10
	Hor. Bw2: 78-100 cm+	19,00	33,00	43,00

Outra possível explicação para a baixa infiltração na média vertente é o entupimento dos poros por argila dispersa (KIRKBY, 1978), que é muitas vezes carregada das porções mais elevadas da vertente (AUGUSTIN, 1995a; DINIZ, 2002). Isso ocorre principalmente ao final do período chuvoso, quando grânulos orgânicos com alto teor de argila, que se encontram soltos na superfície do solo em maior porcentagem nesse período conseguem penetrar através da capa de selamento argilo-siltosa, deixando os poros mais susceptíveis a serem obstruídos por este material.

Conclusões

Por meio desta pesquisa conclui-se que a ocorrência de elemento convexo na vertente interferiu significativamente no direcionamento da percolação da água de subsuperfície.

Os dados também indicaram a ocorrência de uma percolação mais livre da água no Cambissolo e maior retenção no Latossolo. Também foi observado que, quanto maior a umidade inicial do solo, maior foi o alcance em profundidade da água infiltrada. Esse fato contradiz de certa forma evidências de que a umidade original dos horizontes superficiais retardaria a infiltração em função do preenchimento dos poros do solo por água, dificultando o avanço da frente úmida. Tal fato é explicado por Brady & Buckman (1979) e Klar (1988) ao apontarem que a condutividade hidráulica do solo é maior quando este se encontra mais úmido.

Os dados demonstraram ainda que, na porção côncava da vertente, a água apresentou uma percolação mais superficial, enquanto que, na porção convexa, a infiltração atingiu profundidades maiores, contradizendo observações de Fernandes (1990), cujos dados demonstraram tendência da água a se concentrar nas porções côncavas. Essa discrepância pode

ser atribuída, com base nas observações de campo e análises das amostras do solo no laboratório, como decorrentes principalmente da composição textural diferenciada entre os solos das duas porções da vertente.

Também é possível concluir que a metodologia utilizada possibilitou observar o padrão de percolação da água infiltrada, tanto vertical, quanto lateralmente, com um grau de informação relativamente detalhado, a partir da qual foi possível analisar não somente as diferenças existentes entre a capacidade e o tipo de infiltração da água de chuva nos solos, mas também identificar fatores associados a essa variação.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro ao projeto (CRA1190) que deu suporte a esta pesquisa.

Referências bibliográficas

- AUGUSTIN, C. H. R. R. **A preliminary integrated survey of the natural resources near Alcantarilla, Southeast Spain.** 327f. Dissertação (Mestrado em Ciências-MSc) - Departamento de Geografia, University of Sheffield, Sheffield, UK, 1979.
- AUGUSTIN, C. H. R. R. **Geoökologische Studien im südlichen Espinhaçogebirge bei Gouveia, Minas Gerais, Brasilien unter besonder Berücksichtigung der Landschaftsentwicklung.** 294f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Departamento de Geografia, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt a. Main, Alemanha, 1995a.
- AUGUSTIN, C. H. R. R. Aspectos geomorfológicos da região de Gouveia, Espinhaço Meridional, MG. *In: Anais do 8º Simpósio de Geologia de Minas Gerais.* Belo Horizonte, v.1, 3-4. 1995b.

- BARBOSA, V. C. C.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Erosão laminar e linear e a dinâmica de movimentação de sedimentos na vertente, município de Gouveia/MG. In: **Anais do VII SINAGEO-2º Encontro Latino Americano de Geomorfologia**. Belo Horizonte, MG, v. único, p. 1-12, Agosto 2008.
- BRADY, N. C.; BUCKMAN, H. O. **Natureza e propriedades dos solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1979.
- CUSTÓDIO, M. R. & LLAMAS, E. **Hidrologia subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega, 1976.
- DE PLOEY, J., GABRIELS, D. Medición de la pérdida del suelo y estudios experimentales. In: KIRKBY, M. J., MORGAN, R. P. C. (eds). **Erosión de suelos**. México. Editorial Limusa, p. 89 - 139, 1980.
- DINIZ, A. **Levantamento pedológico da porção norte da Bacia do Ribeirão do Chiqueiro e relação entre as classes do solo e erosão**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, IGC-UFMG, Belo Horizonte/MG, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. Editora Embrapa, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. Editora Embrapa, 1997.
- FERNANDES, N. F. **Hidrologia subsuperficial e propriedades físico-mecânicas dos complexos de rampa- Bananal (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, 1990.
- FLURY, M., FLÜHLER, H., JURY, W.A., LEUNENBERGER, J. Susceptibility of soils to preferential flow of water: a field study. **Water Resource Research**, v. 30(7), p. 1945-1954, 1994.
- GOUVEIA, L. L. A. **Aspectos da circulação atmosférica no município de Gouveia - Minas Gerais e suas relações com a topografia local**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, IGC-UFMG, Belo Horizonte/MG, 2002.
- KIM, J. G., CHON, CHUL-MIN, LEE, JIN-SOO. Effect of structure and texture on infiltration flow pattern during flood irrigation. **Environmental Geology**, v. 46, p. 962 - 969, 2004.
- KIRKBY, M. J. (Ed.). **Hillslope Hydrology**. Great Britain: Wiley-Interscience, 389 p, 1978.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2. ed. SP: Revista de São Paulo, 408 p, 1988.
- KUBIËNA, W. L. Principle and goal of fabric analysis. In: STOOPS, G., ESWARAN, H. (eds.). **Soil Micromorphology**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, p. 345-354, 1986.
- LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Comissão de Método de Trabalho de Campo. Campinas/SP, 1984.
- MARCHIORO, E. **Perda de solo por erosão laminar em vertente do município de Gouveia/MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, IGC-UFMG, Belo Horizonte/MG, 2002.
- MARCHIORO, E., AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise da Erosão dos solos ao longo de eventos chuvosos em uma vertente do Córrego Quebra, no município de Gouveia/MG. In: **Anais do V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**, Santa Maria, v. I, p. 1-11, 2004.
- MITCHELL, J. K., BUBENZER, G. D. Estimación de la perda del Suelo. In: KIRKBY, M. J., MORGAN, R. P. C. (eds), **Erosión de suelos**. México: Editorial Limusa. p. 35 - 88, 1980.
- MORAIS, F. **Estudo dos fatores pedogeomorfológicos intervinientes na infiltração em zonas de recarga no Complexo Metamórfico Bação, Minas Gerais**. 132f. Tese (Doutorado em Geociências) - DEGEO/UFOP, Ouro Preto/MG, 2007.
- MUTCHLER, C. K., MURPHREE, C. C., MCGREGOR, K. C. Laboratory and field plots for soil erosion studies. In: Lal, R. **Soil Erosion Research Methods**. Ankeny, Iowa: (SWCS), p. 9 - 36, 1988.
- PETERSEN, C. T.; JENSEN, H. E.; HANSEN, S.; BENDER, K. C. Susceptibility of a sandy loam soil to preferential flow as affected by tillage. **Soil Tillage Research**, v. 58, p. 81 - 89, 2001.
- PORTILHO, S. **Perda de solo por escoamento superficial e os padrões de infiltração e percolação da água no solo, microbacia do Córrego Quebra, Gouveia, Espinhaço Meridional, MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, IGC/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2003.
- THURLER, E. R.; FERNANDES, N. F.; GUERRA, A. J. T. Condicionantes dos processos de infiltração e drenagem em solos submetidos a diferentes tratamentos em parcelas experimentais. In: **Anais do 7º Simpósio de Geografia Física Aplicada**. Curitiba, 1966.
- TSYTOVICH, N. **Soil Mechanics: Concise Course**. Moscou: MIR Publishers, 1986.
- WEILER, M. H. **Mechanisms controlling macropore flow during infiltration: dye tracer experiments and simulations**. 151 f. Dissertation (PhD in Technical Sciences) - ETHZ, Zürich, 2001.